

**Polymer composite rotor blade manufacture**

**Patent number:** DE19723845  
**Publication date:** 1998-12-10  
**Inventor:** MALLICK VISHAL DR (CH); ROHNE KARL-HEINZ DR (CH)  
**Applicant:** ABB RESEARCH LTD (CH)  
**Classification:**  
- **International:** B29C70/00; F04D29/02  
- **European:** B29C70/34; F04D29/02C  
**Application number:** DE19971023845 19970606  
**Priority number(s):** DE19971023845 19970606

**Report a data error here****Abstract of DE19723845**

In a process for manufacturing composite rotor blades comprising a blade(10) and a foot(11) laminates (5,6,7) of polymer composite are placed in a multi-part tool(2,3,4), heated and pressed. The moulded blade is removed from the tool after cooling to below the matrix glass transition temperature.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift  
⑯ ⑯ DE 197 23 845 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
B 29 C 70/00  
F 04 D 29/02

DE 197 23 845 A 1

⑯ Aktenzeichen: 197 23 845.9  
⑯ Anmeldetag: 6. 6. 97  
⑯ Offenlegungstag: 10. 12. 98

⑯ Anmelder:  
ABB Research Ltd., Zürich, CH

⑯ Vertreter:  
Lück, G., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 79761  
Waldshut-Tiengen

⑯ Erfinder:  
Mallick, Vishal, Dr., Birmenstorf, CH; Rohne,  
Karl-Heinz, Dr., Villigen, CH

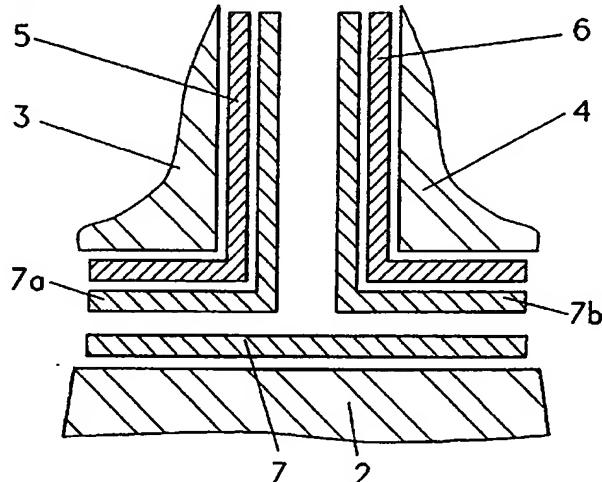
⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	43 21 173 C2
DE	41 39 293 C2
DE	24 51 881 B2
DE	195 25 829 A1
DE	195 13 508 A1
DE	43 35 558 A1
DE-OS	21 49 655
US	47 20 244
US	27 84 455

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Verfahren zur Herstellung von Schaufeln aus polymerem Verbundmaterial

⑯ Bei einem Verfahren zur Herstellung von Schaufeln besteht ein Schaufelblatt und ein Schaufelfuß im wesentlichen aus polymerem Verbundmaterial. Die Schaufel wird in einem Formgebungsprozeß hergestellt, wobei der Formgebungsprozeß folgende Schritte umfaßt: Einlegen von mehreren Laminaten (5, 6, 7) bestehend aus Lagen des polymeren Verbundmaterials in eine aus mehreren Formteilen (2, 3, 4) bestehende Form, Aufbringen von Wärmeenergie und Druck, Abbauen der Wärmeenergie und des Druckes und Entformen der Schaufel (1).



DE 197 23 845 A 1

# DE 197 23 845 A 1

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

5 Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Herstellung von Schaufeln aus polymerem Verbundmaterial nach dem Oberbegriff des ersten Anspruches.

### Stand der Technik

10 Derartige Verfahren zur Herstellung von Schaufeln aus polymerem Verbundmaterial sind bekannt aus DE 195 13 508 A1. Dort besteht der Verdichter aus einem Rotor und Schaufeln, die aus drei Substrukturen bestehen. Diese Substrukturen werden aus endlosfaserverstärkten Thermoplastband in einem Warmumformungsprozeß hergestellt. Die drei, jeweils gleich dicken Substrukturen werden danach miteinander verbunden und bilden die Schaufel. Das Schaufelinnere wird nicht mit Füllmaterial aufgefüllt.

15 Der Nachteil dieser Schaufeln sind die Verbindungen der Substrukturen, an denen die Schaufeln eine gewisse Strukturschwächung erfährt. Weiter wird mit zunehmender Zahl von Verbindungsstellen der Herstellungsprozeß erschwert, da alle Verbindungsstellen nur sehr kleine Fertigungstoleranzen aufweisen dürfen, um eine genügende Festigkeit der Schaufel zu gewährleisten. Diese Problem wird bei dreidimensionalen Verbindungsstellen zusätzlich verschärft.

Aus der DE 43 21 173 A1 sind Schaufeln aus polymerem Verbundmaterial und Verstärkungsmaterial aus Kohlestofffasern bekannt, aus denen ein Radiallaufrad für die Verdichtung von Wasserdampf unter Vakuumbedingungen gebildet wird. Die Schaufeln oder die Schaufeln mit sogenannten Laufradsegmenten sind einzeln mit der Nabe des Laufrades verbunden.

### Darstellung der Erfindung

25 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren zur Herstellung von Schaufeln aus polymerem Verbundmaterial der eingangs genannten Art hochwertige Schaufeln aus polymerem Verbundmaterial auf eine einfache Weise herzustellen.

Erfundungsgemäß wird dies durch die Merkmale des ersten Anspruches erreicht.

30 Kern der Erfindung ist es also, daß die Schaufel in einem einzigen Formgebungsprozeß hergestellt wird und daß der Formgebungsprozeß folgende Schritte umfaßt: Einlegen von mehreren Laminaten bestehend aus Lagen des polymeren Verbundmaterials in eine aus mehreren Formteilen bestehende Form, Aufbringen von Wärmeenergie und Druck, Abbauen der Wärmeenergie und des Druckes und Entformen der Schaufel.

35 Die Vorteile der Erfindung sind unter anderem darin zu sehen, daß die so hergestellten Schaufeln eine hohe Strukturstabilität aufweisen und daß die Schaufeln hohe Gebrauchstemperaturen aufweisen, die für thermoplastische Matrizen im Bereich der Glastemperatur der Matrix liegen. Die Verbindung von Substrukturen zu einer Schaufel und damit mögliche Schwächungen an den Verbindungsstellen entfallen. Die Schaufeln können durch das erfundungsgemäße Verfahren auch billiger hergestellt werden, da die Schaufeln in einem Formgebungsprozeß erzeugt werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

### Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt.

Es zeigen:

45 Fig. 1 einen Teilquerschnitt durch ein Werkzeug zur Schaufelherstellung;

Fig. 2 einen Teilquerschnitt durch eine geformte Schaufel;

Fig. 3 einen Teilquerschnitt durch ein weiteres Werkzeug zur Schaufelherstellung.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt.

### Weg zur Ausführung der Erfindung

50 In Fig. 1 ist eine aus drei Formteilen 2, 3 und 4 bestehende Form dargestellt. Zwischen die Formteile werden thermoplastische Faserverbundwerkstoff-Bänder eingelegt. Diese Bänder bestehen aus einer thermoplastischen Kunststoff-Matrix mit darin eingebetteten Fasern, wobei der Fasergehalt bis zu über 60% betragen kann. Als thermoplastische Matrix können beliebige thermoplastische Kunststoffe, die den entsprechenden Anforderungen genügen, verwendet werden, vorzugsweise aromatische Kunststoffe, insbesondere Polyetheretherketon oder Polyetherimid.

Als Fasern können beliebige Fasermaterialien verwendet werden, die eine entsprechend gewünschte Zugkraft aufweisen, vorzugsweise Kohlefasern oder Glasfasern.

60

65

Tabelle 1

Bsp.	Material	Fasertyp	Matrix	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Zugfestigkeit (MPa)	Elastizitätsmodul (GPa)
a	QLG4068	Glas	PPS	1.65	1110	44
b	QLC4160	Kohle	PPS	1.5	1837	114
c	QLC4064	Kohle	PPS	1.5	1950	121
d	PEI-S2	Glas	PEI	1.6	1170	55
e	APC2-S2	Glas	PEEK	1.6	1170	55
f	APC2-AS4	Kohle	PEEK	1.5	2070	140
g		Kohle	Epoxy	1.6	800-1200	40-60
h	Aurum/CF	Kohle	Polyimid	1.6	2300	130

In der Tabelle 1 sind die Materialeigenschaften einiger ausgewählter Beispiele thermoplastischer Faserverbundwerkstoff-Bänder dargestellt. Die in der Tabelle dargestellten Bänder bestehen aus Glas- oder Kohlefasern und einer Matrix aus Polyphenylensulfid (PPS), Polyetherimid (PEI) oder Polyetheretherketon (PEEK). Die Bänder mit den Bezeichnungen a, b, c werden von der Firma Quadrax, die Bänder mit den Bezeichnungen d, e, f von der Firma ICI Fiberite hergestellt. Die maximale Gebrauchstemperatur der Bänder aus Beispiel a, b, c und d beträgt etwa 200°C, diejenige der Beispiele e und f beträgt ungefähr 240°C und diejenige des Beispiels h beträgt ungefähr 270°C. PEEK wird üblicherweise bei etwa 400°C, PPS bei etwa 340°C und Polyimid bei etwa 420°C verarbeitet.

Die Ausrichtung der Fasern in den Faserverbundwerkstoff-Bändern wird so gewählt, daß die Fasern mit den Hauptachsen der dynamischen und statischen Belastung der Schaufeln fliehen. Dadurch können die auf die Schaufeln im Betrieb wirkenden Biege- und Fliehkräfte optimal aufgenommen werden.

Laminate 5 und 6 bestehen aus mehreren Lagen von Faserverbundwerkstoff-Bändern mit einer nacheinanderfolgenden Ausrichtung der Fasern von 0°, 90°, +45°, -45°, 90°, 0°. Bei den Laminaten 5 und 6 können dabei auch weitere Ausrichtungen der Fasern wie +22.5° und -22.5° verwendet werden. Laminate 7, 7a und 7b bestehen ebenfalls aus mehreren Lagen von Faserverbundwerkstoff-Bändern und weisen eine Schichtung auf, bei denen alle Fasern nach 0° ausgerichtet sind.

Die einzelnen Lamine 5, 6, 7, 7a und 7b können mittels verschiedener Verfahren miteinander verbunden werden.

In einem ersten Verfahren werden die Lamine kalt zwischen die Formteile 2, 3 und 4 eingelegt. Die Form wird mit den eingelegten Laminaten auf 380°C erhitzt, wenn beispielsweise PEEK als Matrix verwendet wird, und ein Druck von 20 bis 30 bar wird auf die Form aufgebracht. Dann wird die Form mit den eingelegten Laminaten unter den Glaspunkt der Matrix, beispielsweise 290°C abgekühlt, der Druck reduziert und die Schaufel entformt.

In Fig. 2 ist eine so entstandene Schaufel 1 mit einem Schaufelblatt 10 und einem Schaufelfuß 11 dargestellt. Aus der Darstellung nicht ersichtlich ist die beliebige dreidimensionale Verformung des Schaufelblattes 10, des Schaufelfußes 11 und damit der Schaufel 1.

In einem zweiten Verfahren werden die Lamine vorgängig dem Einlegen in die Formteile erwärmt, danach in die auf ca. 200°C vorgewärmten Formteile eingelegt und Druck auf die Formteile aufgebracht, bis die Lagen der Lamine miteinander verbunden sind. Falls nötig, können die Lamine vorgängig der endgültigen Formung bereits in einem Vorformprozeß miteinander verbunden werden, was das Einlegen in die Formteile vereinfacht.

Zur Herstellung solcher Schaufeln eignen sich auch duroplastische Matrizen. Als Beispiel für eine duroplastischen Matrix dient Beispiel g aus Tabelle 1, welches beispielsweise von den Firmen Advanced Composites, Hexcel oder Fiberite hergestellt wird.

Die maximale Gebrauchstemperatur des Bandes aus Beispiel g beträgt etwa 200°C.

In Fig. 3 ist eine Form zur Herstellung von Schaufeln mit einer duroplastischen Matrix dargestellt. Hier kann das Formteil 2 aus Fig. 1 weggelassen werden und durch einen Vakuumsack 8 ersetzt werden. Dabei werden die Formteile 3, 4 und die Lamine 6, 7, 7a, 7b in den Vakuumsack gelegt und die gesamte Anordnung in einen Autoklaven eingeführt. Im Autoklaven werden entsprechend den Aushärtebedingungen der duroplastischen Matrix Wärmecnergie und bis zu 8 bar Druck aufgebracht.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf das gezeigte und beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Die Temperaturen müssen den jeweiligen Matrix-Werkstoffen angepaßt werden.

## Bezugszeichenliste

1 Schaufel  
2 Formteil  
3 Formteil

- 4 Formteil
- 5, 6 Laminat
- 7, 7a, 7b Laminat
- 8 Vakumsack
- 5 10 Schaufelblatt
- 11 Schaufelfuß

Patentansprüche

- 10 1. Verfahren zur Herstellung von Schaufeln (1), im wesentlichen bestehend aus einem Schaufelblatt (10) und einem Schaufelfuß (11), aus polymerem Verbundmaterial, wobei die Schaufel (1) in einem Formgebungsprozeß hergestellt wird, gekennzeichnet durch:  
Einlegen von mehreren Laminaten (5, 6, 7) bestehend aus Lagen des polymeren Verbundmaterials in eine aus mehreren Formteilen (2, 3, 4) bestehende Form, Aufbringen von Wärmeenergie und Druck, Abbauen der Wärmeenergie und des Druckes und Entformen der Schaufel (1).
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lamine (5, 6, 7) vorgängig dem Einlegen in die Form erwärmt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Matrix des polymeren Verbundmaterials eine thermoplastische Matrix verwendet wird.
- 20 4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Matrix des polymeren Verbundmaterials eine duroplastische Matrix verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Form Formteile (3, 4) und ein Vakumsack (8) verwendet wird.
- 25 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die äußeren Lamine (5, 6) mit einer Schichtung der Lagen des polymeren Verbundmaterials nacheinander mit einer sich ändernden Ausrichtung der Fasern in die Formteile (2, 3, 4) eingelegt werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die äußeren Lamine (5, 6) mit einer Schichtung der Lagen des polymeren Verbundmaterials mit einer nacheinanderfolgende Ausrichtung der Fasern von 0°, 90°, +45°, -45°, 90°, 0° in die Formteile eingelegt werden.
- 30 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die inneren Lamine (7, 7a, 7b) eine Schichtung der Lagen des polymeren Verbundmaterials mit einer Ausrichtung der Fasern von 0° in die Formteile eingelegt werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

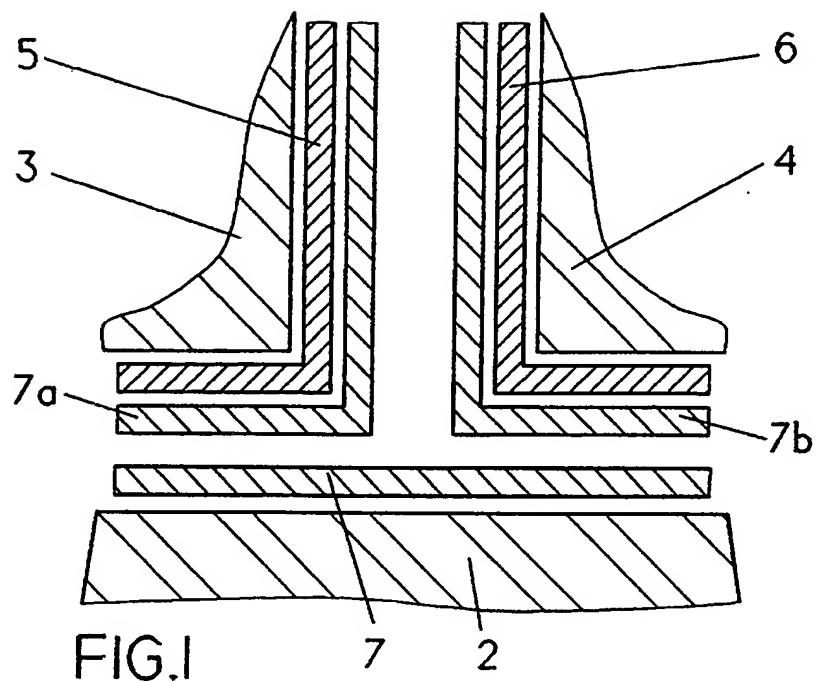


FIG.1

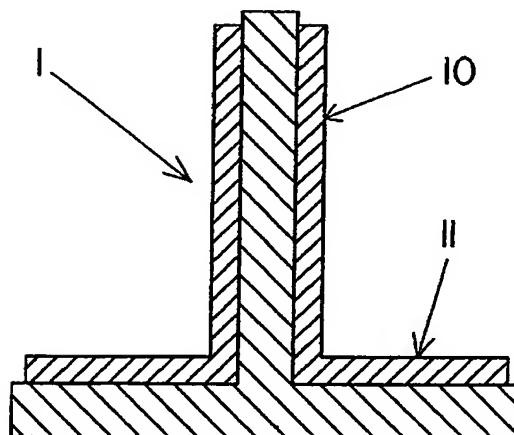
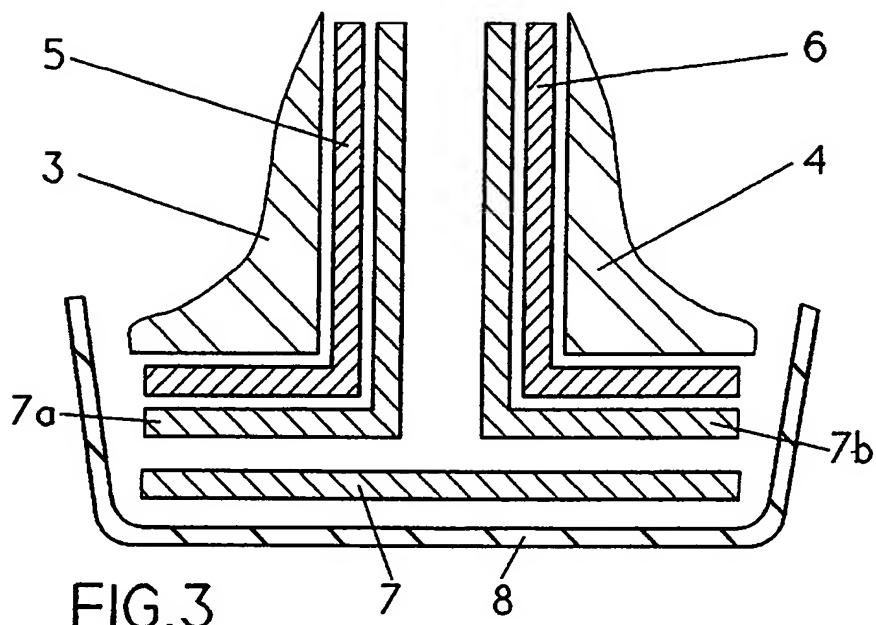


FIG.2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**